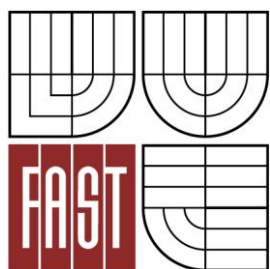




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ A VYHOTOVENÍ ÚČELOVÉ MAPY VELKÉHO MĚŘÍTKA NA ÚZEMÍ MĚSTA BRNA

SURVEYING AND CREATION OF THEMATIC LARGE SCALE MAP IN BRNO AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATARÍNA ZAJÍČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ VONDRÁK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Zajíčková Katarína
Název	Zaměření a vyhotovení účelové mapy velkého měřítka na území města Brna
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015



V Brně dne 30. 11. 2014

doc. RNDr. Miloslav Švec, CSc.
Vedoucí ústavu

N. 2

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Fišer Z., Vondrák J.: Mapování II, CERM Brno, 2004

Bartoněk D.: Počítačová grafika, Brno 2000

Bartoněk D.: Vybrané kapitoly z počítačové grafiky, Brno 2002

Anderson J. M., Mikhail E. M.: Surveying, Theory and Practice, WCB McGraw - Hill, 1998

Kahmen H.: Angewandte Geodasie Vermessungs-kunde, Walter de Gruyter and Co., Berlin, 2006

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Ve vybrané lokalitě v Brně vybudujte měřickou síť pro tachymetrické zaměření. Síť připojte do závazných referenčních systémů prostřednictvím bodů státního bodového pole. Realizujte podrobné měření tachymetrickou metodou. Získaná data zpracujte a na jejich základě vyhotovte účelovou mapu. Výstupy práce připravte pro případné předání k tvorbě DMT.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Predmetom tejto bakalárskej práce bolo zameranie a vyhotovenie účelovej mapy na území mesta Brna, konkrétne časti Wilsonovho lesa. Bola vybudovaná pomocná meračská sieť, ktorá bola prostredníctvom štátneho bodového poľa pripojená do záväzných referenčných systémov - S-JTSK a Bpv. Následne z pomocných meračských bodov bolo tachymetrickou metódou zamerané zadané územie. Boli vypočítané súradnice a výšky meraných bodov. Na to bolo vykonané testovanie presnosti kontrolne zmeraných bodov a z nameraných dát bola vyhotovená účelová mapa v mierke 1:500, v 3. triede presnosti.

Kľúčové slova

účelová mapa, Wilsonov les, tachymetria, vrstevnice

Abstract

The object of this bachelor thesis was to measure and construct the thematic map in city of Brno, specifically in locality called Wilson forest. It was built auxiliary measuring network, which was by the public punctual field connected to the mandatory reference systems – S-JTSK and Bpv. Subsequently from auxiliary measuring spots, was by tachometric method measured a specified territory. Then the coordinates and the altitudes of measured spots have been calculated. Afterwards was made testing of exactness of checking measured spots and from measured data was made the thematic map in the map scale 1:500 and in the third grade of exactness.

Keywords

Thematic map, Wilson forest, tachymetry, contour lines

Bibliografická citácia VŠKP

Katarína Zajíčková *Zaměření a vyhotovení účelové mapy velkého měřítka na území města Brna*. Brno, 2015. 50 s., 189 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Vondrák, Ph.D.

Prehlásenie:

Prehlasuje, že som bakalársku prácu spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 20.5.2015

.....
podpis autora
Katarína Zajíčková

Pod'akovanie:

Touto cestou by som chcela poďakovať vedúcemu svojej bakalárskej práce, Ing. Jiřímu Vondrákovi, Ph.D, za cenné rady a odborné vedenie bakalárskej práce. Zároveň by som tiež chcela poďakovať Ing. Richardovi Kratochvílovi za jeho ochotu a rady pri spracovaní. Ďalej menovite ďakujem Jane Michalkovej za výpomoc pri meračských prácach a v poslednej rade sa chcem tiež poďakovať mojej rodine za podporu počas celého štúdia.

Obsah

1. ÚVOD	10
2. LOKALIZÁCIA.....	11
2.1. História.....	12
3. TEORETICKÝ ZÁKLAD	14
3.1. Mapa.....	14
3.1.1. Účelová mapa.....	16
3.2. Metódy určenia pomocných meračských bodov	16
3.2.1. Polygónový ťah.....	17
3.2.2. Rajón	18
3.2.3. Trigonometrické určovanie výšok a prevýšení	18
3.2.4. Technická nivelácia.....	19
3.3. Podrobné polohopisné meranie	20
3.3.1. Polárna metóda.....	20
3.4. Podrobné výškopisné meranie.....	21
3.4.1. Tachymetria.....	22
3.5. Metódy znázornenia výškopisu.....	22
3.5.1. Vrstevnice	22
3.5.2. Technické šrafy	23
3.5.3. Kóty.....	24
4. PRÍPRAVNÉ PRÁCE.....	25
4.1. Rekognoskácia terénu	25
4.2. Rekognoskácia bodového poľa	26
4.2.1. Rekognoskácia polohového bodového poľa	27
4.2.2. Rekognoskácia výškového bodového poľa.....	28
4.3. Použité prístroje a pomôcky	28

5. MERAČSKÉ PRÁCE	31
5.1. Budovanie pomocnej meračskej siete	31
5.2. Stabilizácia bodov pomocnej meračskej siete	32
5.3. Podrobné meranie.....	33
6. KANCELÁRSKE PRÁCE.....	35
6.1. Prenos nameraných dát	35
6.2. Výpočet meračskej siete a podrobných bodov	36
6.3. Testovanie presnosti súradníc	37
6.4. Testovanie presnosti výšok	38
6.5. Grafické spracovanie.....	39
6.5.1. Tvorba mapy	40
6.5.2. Vyjadrenie výškopisu.....	41
7. ZÁVER.....	43
8. ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	44
9. ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	46
10. ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK.....	47
10.1. Zoznam obrázkov.....	47
10.2. Zoznam tabuliek.....	48
11. ZOZNAM PRÍLOH	49

1. Úvod

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo zameranie a vyhotovenie účelovej mapy veľkej mierky na území mesta Brna. Jedná sa konkrétne o časť Wilsonovho lesa, ktorý sa nachádza prevažne na južnom okraji mestskej časti Brno - Žabovřesky a zasahuje aj na územie mestskej časti Brno - Střed. Vzhľadom k tomu, že zadaná lokalita priamo susedí s lokalitou kolegyne Jany Michalkovej, meračské práce prebiehali v spolupráci s ňou.

Práca popisuje všetky fázy tvorby tejto účelovej mapy. Na začiatok bolo potrebné získať využiteľné podklady, zoznámiť sa s danou lokalitou a vykonať rekognoskáciu terénu a štátneho bodového poľa. Ďalej bolo nutné vybudovať pomocnú meračskú sieť, ktorá bola na základe bodov stávajúceho bodového poľa pripojená do záväzných referenčných systémov. Sieť bola zriadená prostredníctvom rajónov a dvoch obojstranne pripojených a jednostranne orientovaných polygónových ťahov. Následné podrobné meranie bolo vykonané tachymetrickou metódou a bolo usporiadané tak, aby bolo možné zobraziť vzájomnú polohu predmetov merania v mierke 1:500. Všetky meračské práce boli vykonávané pomocou totálnej stanice TOPCON GPT - 3003N. Namerané dáta boli z totálnej stanice stiahnuté pomocou programu GeomanW a spracované v programe Groma v.11.0. Z nich bola v software MicroStation PowerDraft V8i vyhotovená účelová mapa doplnená o vrstevnice, ktoré boli vytvorené v programe Atlas DMT.

2. Lokalizácia

Wilsonov les, či skôr lesopark, je so svojou rozlohou takmer 35 hektárov najväčší lesopark v Brne. Rozkladá sa na svahu skalnatého kopca nad riekou Svratkou v mestskej časti Žabovřesky a južným cípom zasahuje aj do mestskej časti Brno-Střed. Leží v oblasti katastrálnych území Žabovřesky (610470), Pisárky (610208) a Stránice (610330). Hranice Wilsonovho lesa tvoria ulice Šmejkalova, Bráfova, Žabovřeská, Hroznová, Kalvodova, Barvičova, Foustkova, Krondlova, Tichého, Eliášova, Marie Steyskalové, Horáková a Ulica Jana Nečase. Jeho súčasťou je tiež na severnej strane športový areál "Pod lesem" s historickou reštauráciou Rosnička a tiež rovnomená viacúčelová športová hala (z prelomu 80. a 90. rokov 20.storočia). Hneď vedľa tohto areálu sa nachádza aj známa Jurkovičova vila.



Obrázok č.1 Lokalizácia Wilsonovho lesa (ČÚZK Geoprohlížeč)

Južnú hranicu zadanej lokality tvorí parkovisko a oplotenie Biskupského gymnázia v Brne, zo západu je lokalita ohraničená lyžiarskou zjazdovkou už nevyužívanou pre tento účel, severnú hranicu tvorí lesná cestička a oplotenie športového areálu "Pod lesem" a z východu nadväzuje na lokalitu mojej kolegyně Jany Michalkovej.



Obrázok č. 2 Zadaná lokalita (ČÚZK Geoprohlížeč)

2.1. História

Lesopark Wilsonov les bol založený veľkostatkárom a notárom cisára Františka Josefa, Ludvíkom Odstrčilom v roku 1882. Na kopci teda vznikol cisársko-kráľovský lesopark, ktorý slúžil ako výletné miesto. Boli tu vysadené stromy a to najmä listnaté stromy, douglasky a borovice. Navyše bol vo svahu z ihličnatých stromov vysadený obrovský nápis FJE, tzn. František Josef, Elisabeta, ktorý bol viditeľný aj z náprotivného kopca. Les bol popretkávaný cestičkami, okolo ktorých bolo stavané drevené zábradlie. Ďalším významným momentom bolo, keď bol na počiatku 70.rokov, v hornej časti Wilsonovho lesa, vysekaný 150 m dlhý priesek, kde bola zriadená lyžiarska zjazdovka s vlekom. (Veřejná zeleň města Brna, 2015)

Zjazdovka bola s umelým povrchom, po ktorom sa nemohlo chodiť, preto bol uprostred svahu vybudovaný kovový most, ktorý slúžil pre priechod cez zjazdovku. Tá bola roku 1992 zrušená, no roku 2000 sa začalo uvažovať o jej znovuoobnovení, predĺžení a výstavbe sedačkovej lanovky. Tento návrh občianske združenie Wilsonovho lesa a obyvatelia mestskej časti Žabovřesky zamietli. Roku 2000 tiež začala celková revitalizácia lesoparku, ktorá zahŕňala výsadbu stoviek nových stromov a krovín, výstavbu

vychádzkových trás, informačných tabúl a odpočívadiel. Rekonštrukcia, s finančnou podporou európskych fondov, prebieha dodnes. Postupne sú budované ďalšie vychádzkové trasy, odpočívadlá, detské ihriská a informačné tabule. (Průvodce Brnem, 2015)

3. Teoretický základ

V tejto kapitole sa budeme venovať teoretickým základom, ktoré súvisia s realizáciou bakalárskej práce. Jedná sa najmä o definovanie pojmov a vysvetlenie základov jednotlivých meracích metód.

3.1. Mapa

Mapa je zmenšený, generalizovaný, konvenčný obraz Zeme, kozmu, kozmických telies a ich častí prevedený do roviny pomocou matematicky definovaných vzťahov (kartografickým zobrazením), ukazujúci v závislosti na danom účele polohu, stav a vzťahy prírodných, sociálne ekonomických a technických objektov a javov, ktoré sú vyjadrené vizuálne znakovým systémom. (Huml, Michal, 2006, s.12)

Mapy možno deliť na základe rôznych kritérií, podľa ktorých by bolo možné rozdeliť osobitné druhy máp do skupín.

Podľa spôsobu vyhotovenia sa mapy delia na:

- mapy pôvodné, ktoré vznikajú spracovaním nameraných dát, získaných priamym meraním v teréne. Dáta je možné získať geodetickými a fotogrametrickými metódami a poprípadne tiež GPS metódami.
- mapy odvodené, ktoré vznikajú na podklade pôvodných máp fotogrametrickými metódami. Vzniknuté mapy majú redukovaný obsah, sú zvyčajne v menších mierkach ako mapy pôvodné a prípadne sa tiež generalizujú.
- mapy čiastočne odvodené, ktoré vznikajú kombináciu už spomínaných spôsobov.

Podľa kartografických vlastností sa mapy delia na:

- konformné (neskresľujú sa uhly),
- ekvidistantné (v určitom azimute sa neskresľujú dĺžky),
- ekvivalentné (neskresľujú sa plochy),

- mapy vyrovnávacie (hodnoty uhlového, dĺžkového a plošného skreslenia sú znížené).

Podľa mierky sa mapy delia na základe dvoch hľadísk.

- Z technicko - inžinierskeho hľadiska sa mapy delia na:
 - mapy veľkej mierky (do mierky 1:5000 vrátane)
 - mapy strednej mierky (1:10 000 - 1:20 000)
 - mapy malej mierky (1:200 000 a menšie)
- Zo všeobecne - kartografického hľadiska sa mapy delia na:
 - topometrické mapy v mierke 1:5000, pre ktoré je typická minimálna generalizácia a maximálna miera podrobnosti.
 - podrobne topometrické mapy v mierke od 1:10 000 do 1:50 000, ktoré zobrazujú ešte podstatné množstvo detailných prvkov, ale používa sa mierny stupeň kartografickej generalizácie.
 - prehľadne topografické mapy v mierke od 1:100 000 do 1:200 000, u ktorých dochádza k vyššiemu stupňu generalizácie.
 - topografickochorografické mapy v mierke od 1:200 000 do 1:1 000 000, ktoré spolu s chorografickými mapami (v mierke menšej ako 1:1 000 000) zobrazujú iba podstatné prvky a ich zovšeobecnené globálne vzťahy.

Podľa obsahu mapy sa mapy delia na:

- polohopisné mapy, ktoré obsahujú iba polohopisnú zložku mapy.
- výškopisné mapy, ktoré obsahujú polohopis, výškopis a aj popis. Mapy bez popisu sa bežne nevyskytujú.
- mapy obsahujúce len výškopis predstavuje výškopisná priesvitka, ktorá obsahuje zakres vrstevníc, bodov výškového bodového poľa, podrobných výškových bodov, poprípade niektorých polohopisných bodov. Tieto mapy sa používajú ako doplnok obsahu máp veľkej mierky bez výškopisu. (Huml, Michal, 2006, s.13-15)

3.1.1. Účelová mapa

Na základe obsahu výslednej mapy sa mapy veľkej mierky delia na mapy katastrálne a účelové. Účelové mapy patria spolu s tematickými mapami, na rozdiel od máp katastrálnych, medzi mapy s nadštandardným obsahom. Tematickými mapami, čo sú špeciálne mapy strednej a malej mierky, sa zaoberá najmä kartografia. Účelové mapy sú vždy mapy veľkej mierky, ktoré obsahujú okrem základných prvkov máp aj ďalší obsah podľa účelu za akým vznikli. Slúžia pre plánovacie, evidenčné, projektové, dokumentačné a ďalšie účely. Účelové mapy vznikajú prepracovaním, priamym meraním alebo domeraním požadovaného obsahu stávajúcich máp a ich tvorba je zvyčajne financovaná súkromnými zadávateľmi. (Vondrák a kol., 2008, s.20)

3.2. Metódy určenia pomocných meračských bodov

V tejto kapitole sa budeme zaoberať metódami polohového a výškového určenia pomocných meračských bodov a to najmä tými, ktoré súvisia s realizáciou bakalárskej práce.

Podľa Návodu pre obnovu katastrálneho operátu a prevod (2015, s.28) je potrebné podrobné polohové bodové pole doplniť pomocnými meračskými bodmi, ktorých hustota sa volí tak, aby bolo možné zamerať všetky potrebné podrobné body. Pomocné body sa určujú:

- staničením na meračských priamkach medzi bodmi polohového bodového poľa a pomocnými bodmi,
- rajónmi,
- pomocnými polygónovými ťahmi,
- pretínaním zo smerov, poprípade z dĺžok,
- ako voľné polárne stanovisko,
- plošnými sieťami,
- transformáciou súradníc.

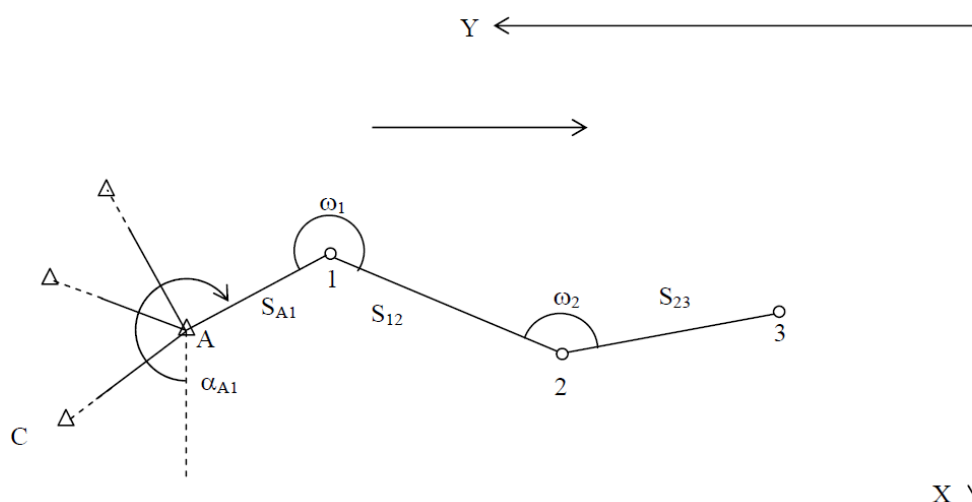
3.2.1. Polygónový ťah

Polygónový ťah je definovaný ako priemet priestorovej lomenej čiary do roviny. Jeho vrcholy sa nazývajú polygónové body, spojnice týchto bodov sú polygónové strany. K určeniu polohy polygónových bodov sa na polygónových bodoch merajú osnovy smerov, z ktorých sa určia vrcholové uhly. Dĺžky strán sa merajú dva krát - tam a späť. Orientácia ťahov sa vykonáva smerovým pripojením koncových bodov ťahu na body ZPBP, zhust'ovacie body a body PPBP. Z nameraných osnov smerov sa na koncových bodoch vypočítajú orientované smerníky. (Nevosád, Vitásek, 2005, s.59-60)

Polygónové ťahy sa delia na:

- polygónový ťah obojstranne pripojený a obojstranne orientovaný,
- polygónový ťah obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný vid' obr. 3,
- polygónový ťah votknutý (obojstranne pripojený bez orientácií na koncových bodoch),
- polygónový ťah jednostranne pripojený a jednostranne orientovaný,
- polygónový ťah uzavretý s orientáciou na počiatočnom bode,
- polygónový ťah uzavretý neorientovaný (v miestnej súradnicovej sústave).

(Nevosád, Vitásek, 2005, s.59-60)



Obrázok č. 3 Polygónový ťah obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný

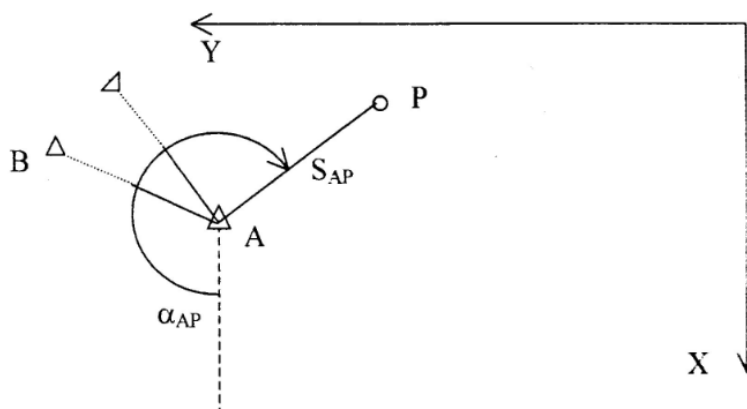
(Nevosád, Vitásek, 2005, s.70)

3.2.2. Rajón

Pod pojmom rajón sa rozumie orientovaná a dĺžkovo zameraná spojnica daného a určovaného bodu. (Nevosád, Vitásek, Bureš, s.48)

Pre určenie orientovaného južníka α_{AP} sú dané súradnice bodu A (X_A, Y_A) a ďalšie body so známymi súradnicami B (X_B, Y_B). Meraná dĺžka s_{AP} a merané smery $\psi_{i,i+1}$ na známom bode A sú sprostredkujúcimi veličinami. (Nevosád, Vitásek, Bureš, s.48)

Dĺžka rajónu môže byť najviac 1000m a pritom môže byť najviac o 1/3 väčšia ako dĺžka meračskej priamky (jej dlhšej časti, ak je východzí bod rajónu medziľahlý), na ktorú je rajón pripojený (orientovaný) alebo nesmie byť väčší ako je dĺžka k najvzdialenejšiemu orientačnému bodu. Najväčšia prípustná dĺžka voľného polygónového ťahu (najviac tri na seba nadväzujúce rajóny) je 250m. Dĺžka meračskej priamky a pomocného polygónového ťahu nesmie byť väčšia ako 2000. (Návod na obnovu katastrálneho operátu a prevod, 2015, s.28)

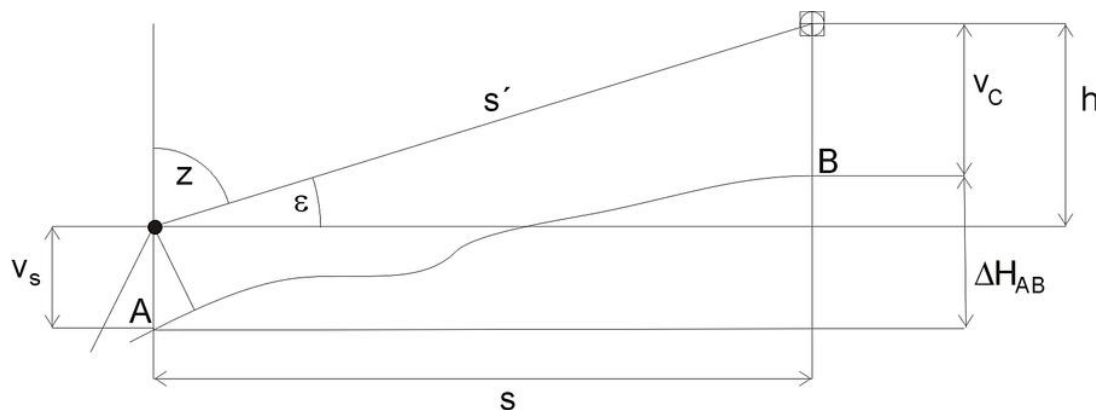


Obrázok č. 4 Výpočet rajónu (Nevosád, Vitásek, Bureš, 2002, s.48)

3.2.3. Trigonometrické určovanie výšok a prevýšení

Trigonometrická metóda spočíva v riešení trojuholníka s prihliadnutím na fyzikálne vlastnosti Zeme a zemskej atmosféry. Používa sa, ak nie je možné priame meranie výšok.

Pre určenie výšok je potrebné merať šikmé alebo vodorovné dĺžky a zvislé uhly. Princíp tejto úlohy vyplýva z obrázku č. 5. (Šváb, Foral, 2012, s.55)



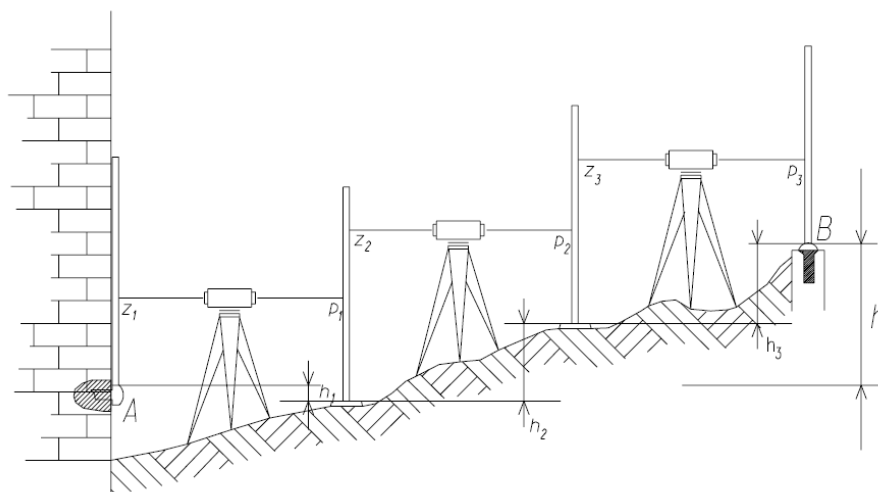
Obrázok č. 5 Prevýšenie dvoch bodov (Šváb, Foral, 2012, s.57)

3.2.4. Technická nivelácia

Jedna z najčastejších metód pre určenie výšky bodu je geometrická nivelácia zo stredy, ktorou sa určuje prevýšenie medzi bodmi. Ak je známa nadmorská výška aspoň jedného z týchto bodov, je možné určiť nadmorskú výšku aj ostatných zameraných bodov. (Vondrák, 2004, s.7)

Princíp nivelácie je založený na vymedzení horizontálnej priamky nivelačným prístrojom a na meraní zvislej odľahlosti (latového úseku) bodov pomocou nivelačných lát. (Vondrák, 2004, s.7)

Uprostred medzi bodmi A a B je umiestnený, do horizontálnej polohy urovnaný, prístroj. Na body A a B sa postavia nivelačné laty, ktoré sa pomocou krabicovej libely urovnajú do zvislej polohy. Nivelačný prístroj sa zacieli na bod A(B), kde sa vodorovná ryska premieta do bodu A'(B') a vytína latový úsek $AA'(BB') = \text{čítanie vzad (čítanie vpred)}$. Prevýšenie medzi týmito bodmi sa spočíta ako rozdiel čítania vzad a vpred. Ak je vzdialenosť medzi bodmi A a B príliš veľká je nutné medzi nimi voliť niekoľko nivelačných zostáv, ktoré tvoria nivelačný ťah. Celkové prevýšenie v nivelačnom ťahu sa rovná súčtu prevýšení čiastkových zostáv. (Vondrák, 2004, s.7-8)



Obrázok č.6 Nivelačný ťah (Vondrák, 2004, s.8)

3.3. Podrobné polohopisné meranie

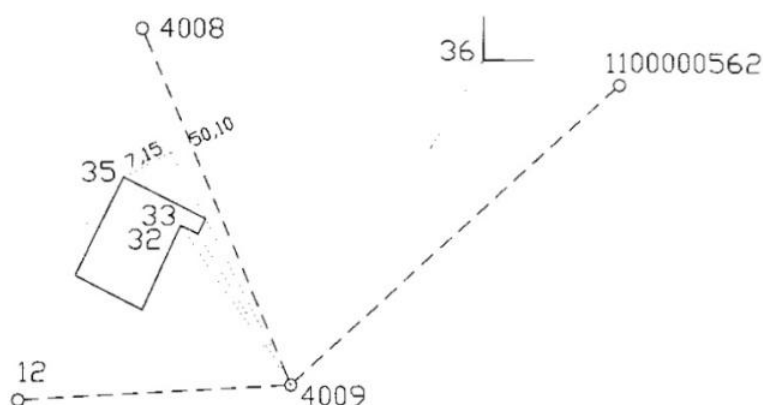
Pod pojmom podrobné polohopisné meranie sa rozumie zameranie podrobných bodov, teda podrobných polohových bodov, ktorých spojnice tvoria obvod predmetu a objektov merania. Súbor zameraných a zobrazených podrobných polohových bodov, ich spojnic a mapových značiek sa nazýva polohopis, ktorý verne určuje a zobrazuje v určitej mierke rovinné geometrické vzťah medzi jednotlivými bodmi. (Ratiborský, 2005, s.35)

Existuje viacero metód, ktorými je podrobné polohopisné meranie, vzhľadom na charakter zameriavaného územia, jeho členitosť, vegetačný kryt, zastavenie a hustotu, možné realizovať - polárna metóda, ortogonálna metóda, metóda konštrukčných omerných, pretínanie z dĺžok a ďalšie. Predmetom merania je zemský povrch a objekty vyskytujúce sa na ňom, pod ním a nad ním. (Ratiborský, 2005, s.35)

3.3.1. Polárna metóda

Pri zameriavaní predmetu merania polárnou metódou je poloha každého podrobného bodu P_i určená číselne polárnymi súradnicami: uhlom α_i , ktorý je meraný na stanovisku (bode PPBP alebo pomocnom bode) od orientačného smeru na ďalší bod PPBP alebo pomocný bod a dĺžkou s_i od stanoviska po zameriavaný bod, meranou spravidla diaľkomerom. (Ratiborský, 2005, s.41)

U neprístupných rohov budov sa vodorovná vzdialenosť doplní o domerok, ktorý v prípade, že má byť dĺžka skrátená, má znamienko mínus a v prípade, že má byť dĺžka predĺžená, má znamienko plus. U podrobných bodov, ktoré nie sú priamo viditeľné, je možné použiť metódu polárnych kolmíc, ktorých dĺžka nesmie byť väčšia ako dĺžka od stanoviska k päte kolmice. Polárna kolmica má znamienko plus, ak sa určovaný bod nachádza vpravo od kladného smeru polárneho lúča, ak sa naopak nachádza vľavo, má znamienko mínus. (Ratiborský, 2005, s.41)



Obrázok č. 7 Polárna metóda (Ratiborský, 2005 s.42)

3.4. Podrobné výškopisné meranie

Pri mapovaní výškopisu sa zemský povrch idealizuje a nahrádza sa topografickými plochami, na ktorých sa nezobrazujú drobné, pre danú mierku bezvýznamné, miestne nerovnosti. Pri tvorbe máp veľkej mierky sa výškovo zameriavajú podrobné body polohopisu, ďalej body, ktorými sa najlepšie charakterizuje tvar a priebeh terénnej plochy a tiež body, ktoré sú potrebné pre tvorbu vrstevníc. Pre podrobné meranie výškopisu sa používajú metódy:

a) geodetické

- plošná nivelácia
- tachymetria s využitím elektronického tachymetra
- tachymetria s dvojobrazovým diaľkomerom
- tachymetria nitková

b) fotogrammetrické (Huml, Michal, 2000, s.258)

3.4.1. Tachymetria

Tachymetria sa využíva pre súbežné výškopisné a polohopisné meranie alebo pre domeranie výškopisu do polohopisného základu. Pre orientáciu osnovy smerov na stanovisku, ktorá sa meria v dvoch polohách, sa používajú zámery na susedné stanoviská. Navyše sa tiež obojstranne zamerajú prvky pre výpočet prevýšenia. Pri tejto metóde sa primárne zmeria výška prístroja a následne, pri meraní podrobných bodov, sa merajú vodorovné a zvislé uhly v jednej polohe. (Huml, Michal, 2000, s.258)

3.5. Metódy znázornenia výškopisu

Pre znázornenie výškopisnej zložky sa využíva viacero spôsobov - šrafy, kóty, vrstevnice, tónovanie, tieňovanie, farebná stupnica, kombinácie týchto spôsobov a iné. Pri tvorbe máp veľkej mierky sa prevažne používajú vrstevnice, kóty a technické šrafy. (Huml, Michal, 2000 s.252)

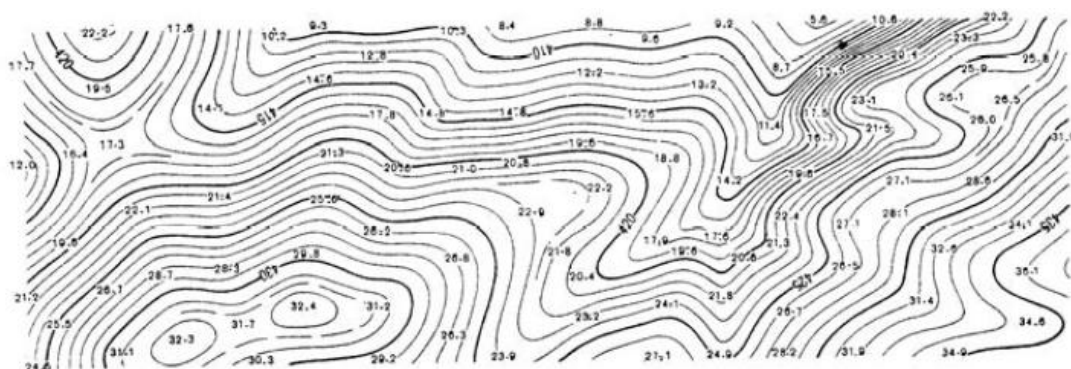
3.5.1. Vrstevnice

Zvislé priemety priesečníc terénneho reliéfu s vodorovnými rovinami, ktoré majú pravidelný rozostup od nulovej nadmorskej výšky sa nazývajú vrstevnice. (Huml, Michal, 2000 s.252)

Rozostup medzi vodorovnými rovinami - interval - sa volí vzhľadom ku mierke a ku sklonu v celkovom prevýšení. Pri jeho voľbe sa kladie požiadavka, aby minimálna vzdialenosť vrstevníc na mape bola 0,2 - 0,3 mm a tiež, aby bolo možné znázorniť vrstevnicu v celom priebehu. Pre každú mapu sa prvotne zvolí základný interval, ktorý sa pre mapy v mierke 1:5000 a väčšie volí 1 meter. Pre mapy v mierke 1:10 000 a menšie sa volí podľa vzorca $i = M/5000$, pričom M je mierkové číslo. V prípade plochého terénu sa využívajú doplnujúce vrstevnice v polovičnom alebo štvrtinovom intervale, ktoré sa zvyčajne kreslia čiarkovanou čiarou. Pre zvýšenie čitateľnosti mapy sa používajú vrstevnice zdôraznené, ktoré sú v celom svojom priebehu vykreslené tlstou čiarou a obvykle sa pre ne volí päťnásobok základného intervalu. V miestach mapy, v ktorých

dochádza ku podstatným zmenám, sa aplikujú vrstevnice pomocné, ktoré slúžia len pre orientáciu. (Huml, Michal, 2000 s.253-254)

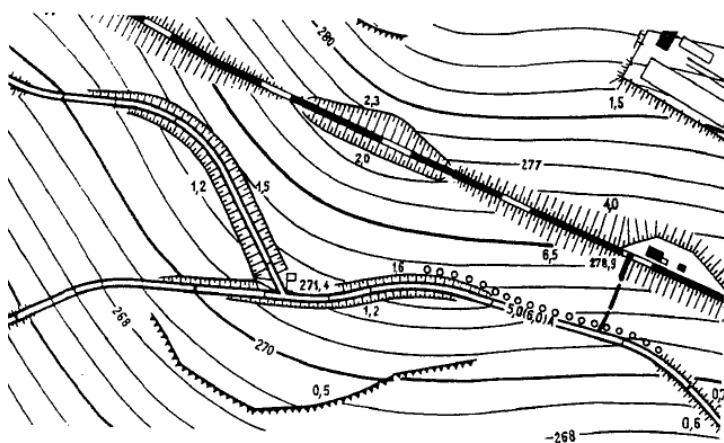
Pre uľahčenie určenia výšok vrstevníc na mape sa upotrebuje kótovanie vrstevníc, kde sa kóty umiestňujú po celej ploche mapy tak, aby čísla boli vždy orientované hlavou proti svahu. Pre dobrú predstavu o smere sklonu terénu sa vrstevnice dopĺňajú krátkymi čiarkami - spádovkami - ktoré sa vždy kreslia v smere kostrových čiar. (Huml, Michal, 2000 s. 254)



Obrázok č. 8 Vrstevnice (Plánka, 2006, s.83)

3.5.2. Technické šrafy

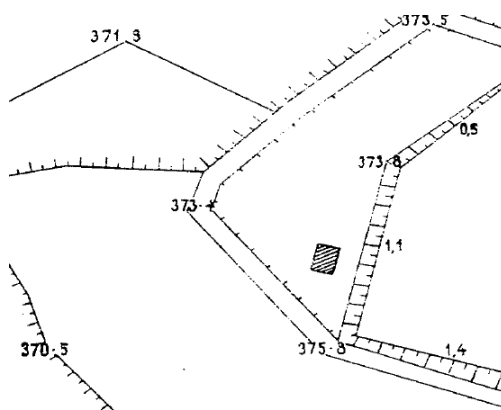
Technickými šrafami sa rozumie striedavé dlhšie a kratšie čiarky v smere spádu, ktoré informujú o náhlej zmene terénu. Pre zistenie veľkosti uhla sklonu je nutné ich doplniť o relatívne alebo absolútne kóty.



Obrázok č. 9 Technické šrafy (Huml, Michal, 2000, s.255)

3.5.3. Kóty

Poznatky o výškových pomeroch v mape sa prezentujú vo forme absolútnej alebo relatívnej výšky - kóty - bodu. Absolútna výška bodu A (v_A) predstavuje zvislú vzdialenosť medzi skutočným horizontom bodu A a nulovou hladinovou plochou, alebo tiež nulovým horizontom. Relatívna výška, alebo teda relatívne prevýšenie medzi bodmi A a B je zvislá vzdialenosť skutočných horizontov týchto bodov. Kóty, ktoré poskytujú rýchle a presné informácie o výške terénu, sa umiestňujú na významných bodoch terénu. (Huml, Michal, 2000 s.252)



Obrázok č. 10 Kóty (Huml, Michal, 2000, s.253)

4. Přípravné práce

Pred začatím meračských prác bolo nutné sa zoznámiť s polohou danej lokality, následne získať potrebné podklady, vykonať rekognoskáciu terénu a tiež rekognoskáciu polohového a výškového bodového poľa.

4.1. Rekognoskácia terénu

Rekognoskácia terénu, ktorou sa myslí zistenie stavu skutočností na danom území, prebehla v mesiaci august roku 2014.

Pri obhliadke terénu bolo zistené, že sa jedná o veľmi frekventovaný lesopark, ktorý je celý popretkávaný živičnými a lesnými chodníkmi. Súčasťou danej lokality je tiež lyžiarska zjazdovka, ktorá sa ale už pre tento účel nevyužíva. Na jej vrchole sa nachádza vyhládka a uprostred nej bol, pre prístupnosť medzi jednotlivými chodníkmi, vybudovaný most. Ďalšími prvkami, ktoré v danej lokalite ležia, sú operné múriky, budova a oplatenie športového areálu, oplatenie areálu školy a kamenné hrádzky, ktorými preteká malý potôčik.



Obrázok č.11-12 Ukážky z terénu

Veľmi dôležitým parametrom, ktorý bol pri rekognoskácii zisťovaný, bola priehľadnosť terénu. Porast v lesoparku, ktorý pozostáva z rôznych krovín a listnatých stromov, bol v danom období veľmi hustý. Ďalším zistením, bol tiež fakt, že celé územie leží na svahovom teréne, kde výškový rozdiel dosahuje až 100 metrov.



Obrázok č.13-16 Ukážky z terénu

4.2. Rekognoskácia bodového poľa

Súbežne s rekognoskáciou terénu bola vykonaná rekognoskácia stávajúceho polohového a výškového bodového poľa, ktorej predchádzalo získanie potrebných podkladov. Všetky nutné podklady boli prevzaté z portálu www.cuzk.cz. Jedná sa o ortofotomapu a geodetické údaje o bodoch štátneho bodového poľa, pomocou ktorých bola sieť pripojená do záväzných referenčných systémov. Na spomenutom portáli, boli pomocou grafického vyhľadávania predbežne nájdené body, ktoré by bolo možné pri meraní použiť. Cieľom bolo teda v teréne overiť polohu bodov, zistiť či nebola

narušená ich stabilizácia alebo neboli body zničené a či hodnoty uvedené v geodetických údajoch odpovedajú skutočnému stavu.

4.2.1. Rekognoskácia polohového bodového poľa

Pri grafickom vyhľadávaní bolo napokon vybraných 16 bodov polohového bodového poľa (1 bod ZPBP, 1 ZhB, 14 bodov PPBP). Z nich bolo nakoniec využiteľných 12 bodov podrobného polohového bodového poľa a to z dôvodu, že bol spôsob stabilizácie narušený alebo boli v geodetických údajoch zlé omerné miery.

Č.B.	Kat.úz.	Y [m]	X [m]	H [m]	Stabilizácia	Nájdený
146	Stránice 610330	600635,95	1159599,95	338,71	čapová značka	NIE
146.5	Žabovřesky 610470	600638,16	1159651,23	325,24	čapová značka	NIE
501	Stránice 610330	600553,32	1159714,41	-	stožiar	ÁNO
502	Stránice 610330	600340,28	1159705,74	-	meračský klinec	NIE
503	Stránice 610330	600332,42	1159695,54	-	roh domu	ÁNO
509	Žabovřesky 610470	600159,07	1159528,6	289,03	kameň	NIE
510	Žabovřesky 610470	600308,6	1159417,34	-	kameň	ÁNO
511	Žabovřesky 610470	600302,6	1159414,79	245,61	kameň	ÁNO
512	Žabovřesky 610470	600452,32	1159361,78	253,9	kameň	ÁNO
513	Žabovřesky 610470	600448,3	1159307,36	249,75	kameň	ÁNO
514	Žabovřesky 610470	600423,18	1159259,03	235,64	kameň	ÁNO
515	Žabovřesky 610470	600608,3	1159404,08	267,33	kameň	ÁNO
516	Žabovřesky 610470	600617,4	1159339,59	238,36	kameň	ÁNO
522	Žabovřesky 610470	600346,09	1159664,05	-	roh domu	ÁNO
590	Žabovřesky 610470	600487,12	1159152,22	-	plastový znak	ÁNO
594	Žabovřesky 610470	600328,79	1159268,79	-	meračský klinec	ÁNO

Tabuľka č. 1 Body polohového bodového poľa

Pri pochôdzke v teréne bol súčasne vytvorený návrh pomocnej meračskej siete, kde bolo nutné skonštatovať využiteľnosť jednotlivých bodov. Zo štrnástich nájdených bodov bolo napokon použitých len päť bodov podrobného polohového bodového poľa a to z dôvodu, že zvyšných deväť sa nachádzalo príliš ďaleko od zadanej lokality alebo sa vyskytovali na rohoch zateplených domov.

Č.B.	Kat.úz.	Y [m]	X [m]	H [m]	Stabilizácia
510	Žabovřesky 610470	600308,6	1159417,34	-	kameň
511	Žabovřesky 610470	600302,6	1159414,79	245,61	kameň
512	Žabovřesky 610470	600452,32	1159361,78	253,9	kameň
590	Žabovřesky 610470	600487,12	1159152,22	-	plastový znak
594	Žabovřesky 610470	600328,79	1159268,79	-	meračský klinec

Tabuľka č. 2 Použité body polohového bodového poľa

4.2.2. Rekognoskácia výškového bodového poľa

Súčasne s rekognoskáciou polohového bodového poľa bola vykonaná rekognoskácia výškového bodového poľa, ktorá sa uskutočnila pomocou grafickej časti nivelačných údajov. Body boli nájdené na základe omerných mier a boli použité pre overenie výšky bodu č. 511 (PPBP) metódou technickej nivelácie. Jedná sa o nivelačné body JM-071-413 a JM-071-417.

Č.B.	Kat.úz.	Výška [m]	Stabilizácia	Nájdený	Použitý
JM-071-413	Žabovřesky 610470	222,362	čapová značka	ÁNO	ÁNO
JM-071-417	Žabovřesky 610470	222,925	čapová značka	ÁNO	ÁNO

Tabuľka č. 3 Použité body výškového bodového poľa

4.3. Použité prístroje a pomôcky

Všetky prístroje a pomôcky použité pre zameranie pomocnej meračskej siete, podrobných bodov a následné overenie výšky bodu 511, boli zapožičané od Ústavu

geodézie a kartografie Fakulty stavební VUT v Brně.

Zoznam použitých prístrojov a pomôcok:

- Totálna stanica Topcon GPT 3003N (v.č. 4D0515, 4D0510, 4D0511)

Zväčšenie ďalekohľadu	30 x
Stredná chyba dĺžky - bez hranolu nad 25 m	$\pm 5 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$
Stredná chyba dĺžky - bez hranolu do 25 m	$\pm 10 \text{ mm}$
Stredná chyba dĺžky - s odrazným hranolom	$\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} * D)$

Tabuľka č. 4 Technické parametre prístroja Topcon GPT 3003N (Topcon, 2011)

- Nivelačný prístroj Sokkia C41 (v.č. D10356) - pre overenie výšky bodu

Zväčšenie ďalekohľadu	20 x
Minimálna zaostrovacia vzdialenosť	0,9 m
Rozsah kompenzátora	$\pm 12'$

Tabuľka č. 5 Technické parametre prístroja Sokkia C41 (La Lunette)



Obrázok č. 17 Topcon GPT 3003



Obrázok č. 18 Sokkia C41 (Geometra)

- statív Leica duralový pre totálne stanice
- ľahký nivelačný statív duralový
- nivelačná teleskopická lata
- nivelačná podložka
- odrazový hranol Topcon, držiak, tyč,
- zvinovací meter (2m)
- pásmo (30m)
- kladivo
- reflexné vesty

Pred meraním boli vždy skontrolované nastavenia v totálnej stanici - konštanta hranolu, nastavenie atmosférických podmienok (teplota, atmosférický tlak), mierkový faktor, ktorý bol zvolený v hodnote rovnej 1,00000, aby nedochádzalo k viacnásobnému zavedeniu matematických korekcií.

5. Meračské práce

Z dôvodu nepriaznivého počasia, boli meračské práce vykonávané vo viacerých etapách a to na prelome mesiacov august a september roku 2014. Vzhľadom k tomu, že moja zadaná lokalita bezprostredne susedí s lokalitou kolegyne, Jany Michalkovej, meračské práce boli vykonávané v spolupráci s ňou.

5.1. Budovanie pomocnej meračskej siete

Pred začatím podrobného merania bolo nutné vybudovať pomocnú meračskú sieť, ktorej návrh bol vytvorený už pri rekognoskácii. Ten pozostával z dvoch obojstranne pripojených a jednostranne orientovaných polygónových ťahov.

Primárne bol zmeraný obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný polygónový ťah, ktorý bol polohovo pripojený na body 594 a 511 s orientáciou na bod 590. Pomocou neho boli určené medziľahlé body 4001 a 4012. Vzhľadom k tomu, že z týchto bodov nebolo vykonávané podrobné meranie, čiže boli zamerané len za účelom orientácie nasledujúceho polygónového ťahu, nebolo nutné ich výšku určiť.

Napokon, bol zmeraný obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný polygónový ťah, prostredníctvom ktorého boli určené body 4002 až 4011. Tento ťah bol polohovo aj výškovo pripojený na body 511 a 512 s orientáciou na bod 4012. Výška počiatočného bodu 511 bola následne overená technickou niveláciou pomocou nivelačných bodov JM-071-413 a JM-071-417.

U polygónového ťahu musí byť zachovaný pomer strán medzi jednotlivými určenými bodmi (1:3), dĺžka ťahu môže byť maximálne 1500 m a počet určených bodov nesmie byť viac ako 15. Každá z týchto podmienok bola splnená.

	Polygónový ťah, pomocou ktorého boli určené body 4001 a 4012	Polygónový ťah, pomocou ktorého boli určené body 4002 až 4011
Dĺžka ťahu	208,338m	875,935m
Najväčšia/najmenšia dĺžka v ťahu	86,385m/59,930m	117,317m/58,522m
Max. pomer susedných dĺžok	1:1,44	1:1,92
Najväčší rozdiel 2x meranej dĺžky	0,021m	0,026m

Tabuľky č. 6 Parametre polygónových ťahov

Ďalej bola pomocná meračská sieť zhustená bodmi, ktoré boli budované metódou rajónu. Stanoviská boli určované súčasne s podrobnými bodmi, a to z dôvodu, že pred začatím etapy podrobného merania nebolo, pre hustotu porastu v lese, možné stanoviť ich vyhovujúcu polohu. Umiestnenie pomocných meračských bodov bolo volené tak, aby bola medzi nimi dobrá viditeľnosť. Tým bolo zaistené pripojenie na každom stanovisku s dostatočným počtom orientácií. Touto metódou boli zamerané body 5001 až 5022, pričom ich výška bola určená trigonometricky. Pre podrobné meranie neboli napokon vôbec použité body 5004, 5008 a 5022 a niektoré z bodov boli použité len ako orientácie - napr. bod 5015.

5.2. Stabilizácia bodov pomocnej meračskej siete

Pre potreby práce boli využité dva spôsoby stabilizácie. Keďže sa na území nachádzajú živičné chodníky, bola použitá stabilizácia vo forme meračského klinca. K bodom stabilizovaným týmto spôsobom boli súčasne vyhotovené geodetické údaje. Na miestach mimo chodníčkov, tzn. v nespevnenom teréne, bola využitá stabilizácia v podobe drevených kolíkov nafarbených sprejom, ktoré boli zatĺčené tak, aby vyčnievali maximálne 5 cm nad terénom. Napriek tomu, že boli kolíky signalizované farbou a vyčnievali nad terénom minimálne, dochádzalo k ich častej strate, s čím súvisela, v niektorých prípadoch, tvorba nových pomocných meračských bodov. Vzhľadom k tomu, že nebolo možné si v teréne zaznačiť číslo príslušného stanoviska, bolo nutné si viesť prehľadný náčrt pomocnej meračskej siete.



Obrázok č. 19-20 Stabilizácia dreveným kolíkom/meračským klincom

5.3. Podrobné meranie

Po vybudovaní pomocnej meračskej siete sa pristúpilo k podrobnému meraniu tachymetrickou metódou s využitím totálnej stanice, ktorá umožňuje rýchle meranie a ukladanie dát do internej pamäte.

Pre zobrazenie priebehu terénu boli podrobné body merané v takej vzdialenosti, aby dĺžka medzi nimi na mape nebola viac ako 2-3 cm, čo odpovedá 10-15 metrov v skutočnosti. Pre vyhotovenie účelovej mapy v danej mierke boli zameriavané tieto prvky:

- budovy a vchody do objektov
- ploty a podmurovky
- rozhrania chodníkov a ciest
- hranice kultúr
- prvky terénnej kostry
- ďalšie prvky - šachta, vpust' atď.

Súčasne s meraním sa viedol meračský náčrt, do ktorého bol pred samotným podrobným meraním doplnený približný zákres významných polohopisných čiar - živičné a lesné chodníky, budovy atď. Meračský náčrt obsahuje body stávajúceho bodového poľa,

všetky body pomocnej meračskej siete, podrobné body a približný zakres lokality. Celkovo bolo vytvorených 8 meračských náčrtov. Ich číslovanie nie je postupné, z dôvodu paralelného podrobného merania na susednej lokalite kolegyne Jany Michalkovej. Preto sa v prílohách nachádzajú len kópie niektorých meračských náčrtov.

Z každého stanoviska bol, pre kontrolu, zameraný aspoň jeden podrobný bod, ktorý bol následne určený aj z iného stanoviska. Tieto body boli stabilizované drevenými paličkami s priemerom 1 cm, signalizovanými farbou a boli použité pri testovaní presnosti súradníc a výšok.

Z dôvodu, že podrobné meranie prebiehalo fázovo vo viacerých dňoch, dochádzalo k tomu, že niektoré časti danej lokality boli zmerané viackrát, tzn. na určitých miestach bolo dosiahnutej vyššej hustoty podrobných bodov. Tie boli v rámci generalizácie pri spracovaní grafickej časti mapy vymazané. Alebo naopak bolo dosiahnutej nižšej hustoty podrobných bodov, tzn. že niektoré miesta bolo potrebné doplniť o ďalšie body. K tomuto zisteniu sa prišlo na základe toho, že po ukončení každej fázy podrobného merania boli body, pre kontrolu, načítané do prostredia grafického programu MicroStation PowerDraft V8i.

6. Kancelárske práce

Po ukončení prác v teréne nasledovalo spracovanie nameraných dát. Vzhľadom k tomu, že boli všetky dáta ukladané do internej pamäte totálnej stanice, bolo nutné tieto dáta pred spracovaním stiahnuť do počítača a previesť ich do požadovaného formátu. Následne boli vypočítané súradnice pomocných meračských bodov a podrobných bodov v Systéme jednotnej trigonometrickej sieti katastrálnej (S-JTSK) a ich výšky vo výškovom systéme Balt po vyrovnaní (Bpv). Ďalej nadväzovalo testovanie presnosti na kontrolných bodoch, tvorba účelovej mapy v mierke 1:500 a tvorba vrstevníc.

6.1. Prenos nameraných dát

Prenos nameraných dát z pamäte totálnej stanice na iné pamäťové médium bol realizovaný prostredníctvom programu GeomanW. Tento prenos umožňuje zavedenie matematických korekcií, tzn. redukciu na nulový horizont a redukciu do zobrazenia S-JTSK, no tie boli zavedené až v programe Groma v.11.0 pred importom zápisníka. Pre tento účel boli, za pomoci funkcie *Křovák*, uvedené súradnice bodu 511 (PPBP). Následne bola vyplnená tabuľka tolerancií pre výpočet (funkcia *Tolerance* v programe Groma v.11.0).

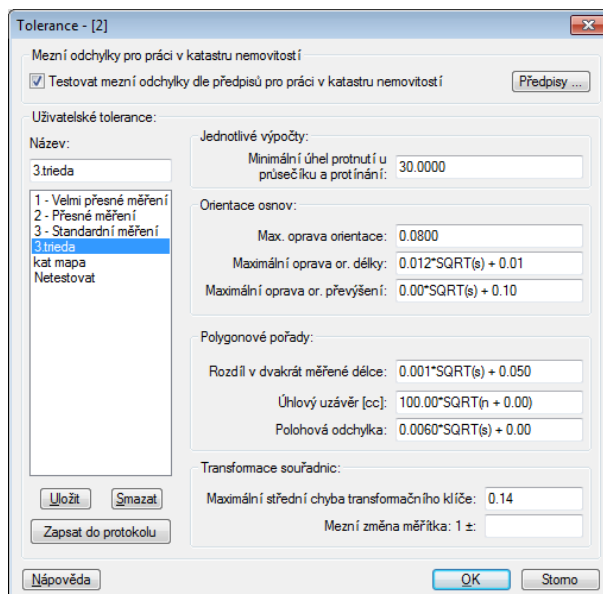
Pravoúhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	600302.600	Ro:	1305605.556 m
X:	1159414.790	Epsilon:	27.37346953 °
Z:	245.610		

Kartografické souřadnice:	
Šířka:	78.43204908 °
Délka:	27.93425801 °

Měřitkový koeficient:	
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z kartografického zkreslení	0.999900701817
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z nadmořské výšky:	0.999961508862
Výsledný měřitkový koeficient:	0.999862214501

Nastavit Vypočet

Obrázok č. 21 Funkcia *Křovák* v programe Groma v.11.0



Obrázok č. 22 Funkcia *Tolerance* v programe Groma v.11.0

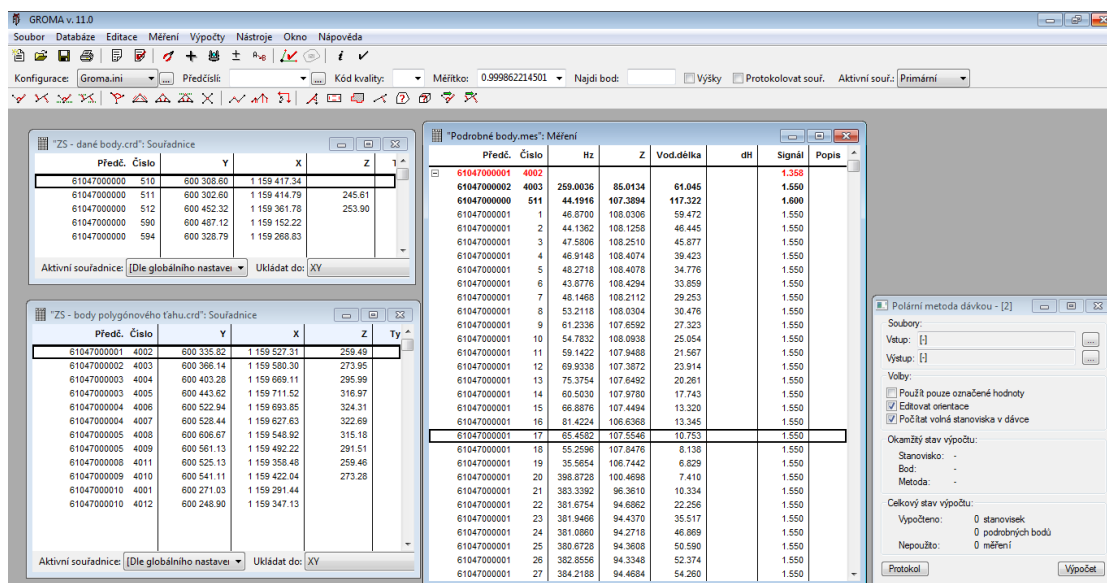
6.2. Výpočet meračskej siete a podrobných bodov

Primárne bol v programe Groma v.11.0 vytvorený zoznam súradníc daných bodov PPBP. Následne bol importovaný zápisník merania polygónového ťahu, ktorými boli určené body 4001 a 4012, vo formáte *ZAP. Zápisník bolo nutné upraviť a previesť do požadovaného formátu. Konkrétne sa jedná o určenie aritmetického priemeru meraní v dvoch polohách ďalekohľadu - dĺžky, vodorovné uhly a zenitové uhly. Táto úprava bola vykonaná za pomoci funkcie *Zpracování zápisníku*. V prípade polygónového ťahu, ktorými boli určené body 4002 až 4011, je postup importu a spracovania zápisníku zhodný.

Takto upravené zápisníky merania polygónových ťahov boli vypočítané pomocou úlohy *Polygonový pořad*. U polygónového ťahu, ktorý bol polohovo aj výškovo pripojený na body 511 a 512, bol vypočítaný aj výškový ťah.

Následne boli vypočítané polohové a výškové súradnice bodov pomocnej meračskej siete, určených metódou rajónu a podrobných bodov. Vzhľadom k tomu, že boli body merané súbežne, pristúpilo sa taktiež k súčasnému výpočtu ich súradníc a výšok. Pred samotným výpočtom došlo k rovnakej úprave zápisníka ako u polygónových ťahov. Výpočet prebiehal pomocou úlohy *Polární metoda dávkou*, do ktorej vstupuje zápisník

merania a súradnice daných bodov a bodov určených metódou polygónového ťahu. Súčasne došlo pri výpočte k porovnaniu súradníc kontrolných bodov, ich priemerovaniu a určení odchýlok, ktoré boli neskôr použité pri testovaní presnosti podľa ČSN 01 3410 *Mapy veľkých měřitek. Základní a účelové mapy*. Za výsledek všetkých výpočtov sa považujú protokoly o výpočte a zoznamy súradníc jednotlivých bodov.



Obr. č. 23 Ukážka z prostredia programu Groma v.11.0

6.3. Testovanie presnosti súradníc

Podľa ČSN 01 3410 *Mapy veľkých měřitek. Základní a účelové mapy* je charakteristikou presnosti určenia súradníc x,y podrobných bodov stredná súradnicová chyba $m_{x,y}$. Súradnice podrobných bodov (v danej triede presnosti) musia byť určené tak, aby charakteristika $m_{x,y}$ neprekročila kritérium $u_{x,y}$.

K testovaniu presnosti súradníc x,y podrobných bodov bolo nutné vypočítať pre kontrolné body rozdiely súradníc.

$$\Delta x = x_m - x_k$$

$$\Delta y = y_m - y_k$$

X_m, Y_m ... výsledné súradnice podrobného bodu

X_k, Y_k ... súradnice toho istého bodu z kontrolného určenia

Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou strednej výberovej súradnicovej chyby $s_{x,y} = \sqrt{\frac{1}{2} * (s_x^2 + s_y^2)}$, pričom stredné výberové chyby súradníc

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k*N} * \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2} \text{ a } s_y = \sqrt{\frac{1}{k*N} * \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}.$$

N ... počet bodov

k ... koeficient - ak majú obe určenia bodov rovnakú presnosť $k = 2$

Presnosť určenia súradníc sa považuje za vyhovujúcu ak:

- polohové odchýlky $\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ vyhovujú kritériu $|\Delta p| \leq 1,7 * u_{x,y}$, kde pre 3. triedu presnosti $u_{x,y} = 0,14 \text{ m}$
- výberová stredná súradnicová chyba $s_{x,y} \leq \omega_{2N} * u_{x,y}$, kde $\omega_{2N} = 1,10$ (Kalvoda, 2011, s.11)

V našom prípade sme kritériá presnosti splnili pre všetky kontrolné body. Výsledky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

kritérium všeobecne	kritériá pre naše meranie	dosiahnutá hodnota
$ \Delta p \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$	$ \Delta p \leq 0,24 \text{ m}$	$ \Delta p _{\max} = 0,15 \text{ m}$
$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$	$s_{x,y} \leq 0,15 \text{ m}$	$s_{x,y} = 0,04 \text{ m}$

vyhovuje pre:	51/51 bodov
nevyhovuje pre:	0/51 bodov

Tab. č. 7-8 Výsledky testovania presnosti súradníc

6.4. Testovanie presnosti výšok

Podľa ČSN 01 3410 *Mapy veľkých měřítek. Základní a účelové mapy* je charakteristikou presnosti určenia výšok H podrobných bodov stredná výšková chyba m_H . Výšky podrobných bodov (v danej triede presnosti) musia byť určené tak, aby charakteristika m_H neprekročila kritérium u_H a u bodov terénneho reliéfu (na nespevnenom povrchu) neprekročila kritérium $3 * u_H$.

K testovaniu presnosti výšok H podrobných bodov bolo nutné vypočítať pre kontrolné body rozdiely výšok.

$$|\Delta H| = H_m - H_k$$

H_m ... výška podrobného bodu výškopisu

H_k ... výška toho istého bodu z kontrolného určenia

Dosiahnutie stanovenej presnosti sa testuje pomocou strednej výberovej výškovej

chyby $s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}$,

N ... počet bodov

k ... koeficient - ak majú obe určenia bodov rovnakú presnosť $k = 2$

Presnosť určenia súradníc sa považuje za vyhovujúcu ak:

- výškové odchýlky ΔH vyhovujú kritériu $|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$, kde pre 3. triedu presnosti $u_H = 0,12 \text{ m}$
- výberová stredná výšková chyba $s_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$, kde $\omega_N = 1,15$ (Kalvoda, 2011, s.11)

V našom prípade sme kritériá presnosti splnili pre všetky kontrolné body. Výsledky sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

kritérium všeobecne	kritériá pre naše meranie	dosiahnutá hodnota
$ \Delta H \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$	$ \Delta H \leq 0,40 \text{ m}$	$ \Delta H _{\max} = 0,19 \text{ m}$
$s_H \leq 3 \cdot \omega_N \cdot u_H$	$s_H \leq 0,41 \text{ m}$	$s_H = 0,03 \text{ m}$

vyhovuje pre:	51/51 bodov
nevyhovuje pre:	0/51 bodov

Tab. č. 9-10 Výsledky testovania presnosti výšok

6.5. Grafické spracovanie

Grafickým spracovaním sa rozumie vyhotovenie prehľadu kladov meračských náčrtov (príloha č. 04.9), prehľadného náčrtu bodového poľa a pomocnej meračskej siete (príloha č. 04.10), geodetických údajov o bodoch bodového poľa (príloha č. 05.8)

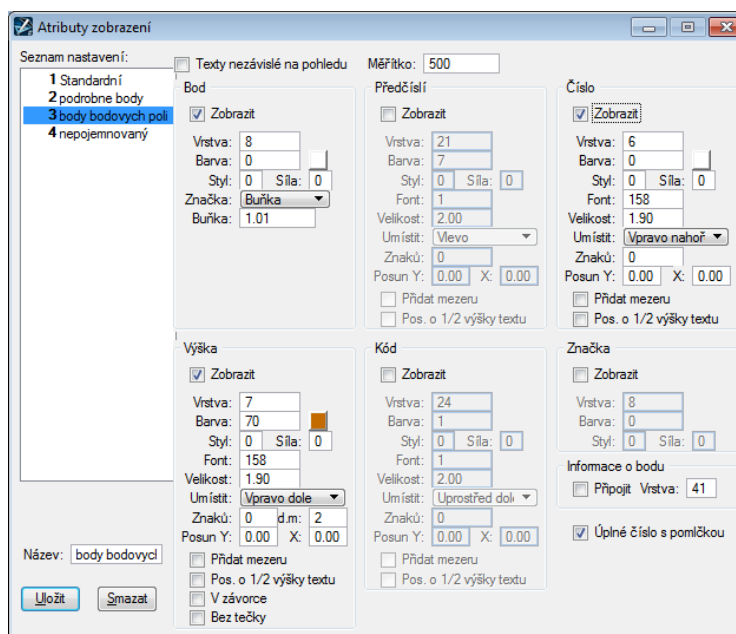
a samotnej účelovej mapy v mierke 1:500 (príloha č. 07). Všetky tieto prílohy boli vyhotovené v grafickom programe MicroStation PowerDraft V8i.

6.5.1. Tvorba mapy

Finálnou etapou pri spracovaní účelovej mapy je samotná tvorba mapy v mierke 1:500 v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Pre jej tvorbu boli, po dohode s vedúcim bakalárskej práce, prevzaté tabuľky atribútov z predmetu Mapovanie I.

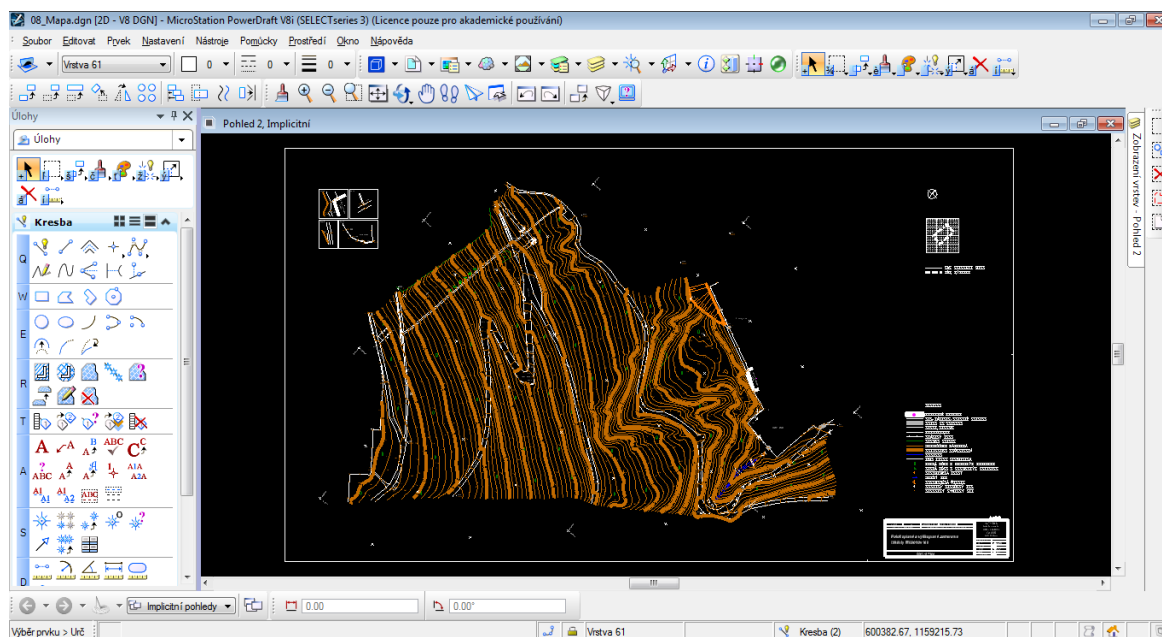
Pred samotnou kresbou bol primárne v programe MicroStation PowerDraft V8i založený výkres vo formáte *.dgn. Následne boli pomocou funkcie *Atributy zobrazení* nastavené hodnoty pre správne zobrazenie bodov po importe súradníc. Ďalej boli s využitím nadstavby Groma nainportované, v súbore *.txt, súradnice a výšky všetkých daných bodov, bodov pomocnej meračskej siete a taktiež podrobných bodov.

Následne bol skonštruovaný formát papiera 594 mm x 1050 mm v mierke 1:500, kde bolo prihliadnuté na to, že mapa má, okrem samotnej kresby, obsahovať ďalšie okrajové prvky. Vzhľadom k tomu, že nebola použitá metóda kódovania podrobných bodov, boli prvky v mape postupne pospájané na základe meračských náčrtov.



Obr. č. 24 Funkcia *Atributy zobrazení* v programe MicroStation PowerDraft V8i

Ďalej bola kresba doplnená o okrajové prvky, ktorými sú: legenda mapových značiek a čiar, sieť mapových križikov, detaily, orientácia na sever a okrajový náčrt so zobrazením susedných mapových listov, ktoré boli vytvorené pomocou aplikácie MGEO.



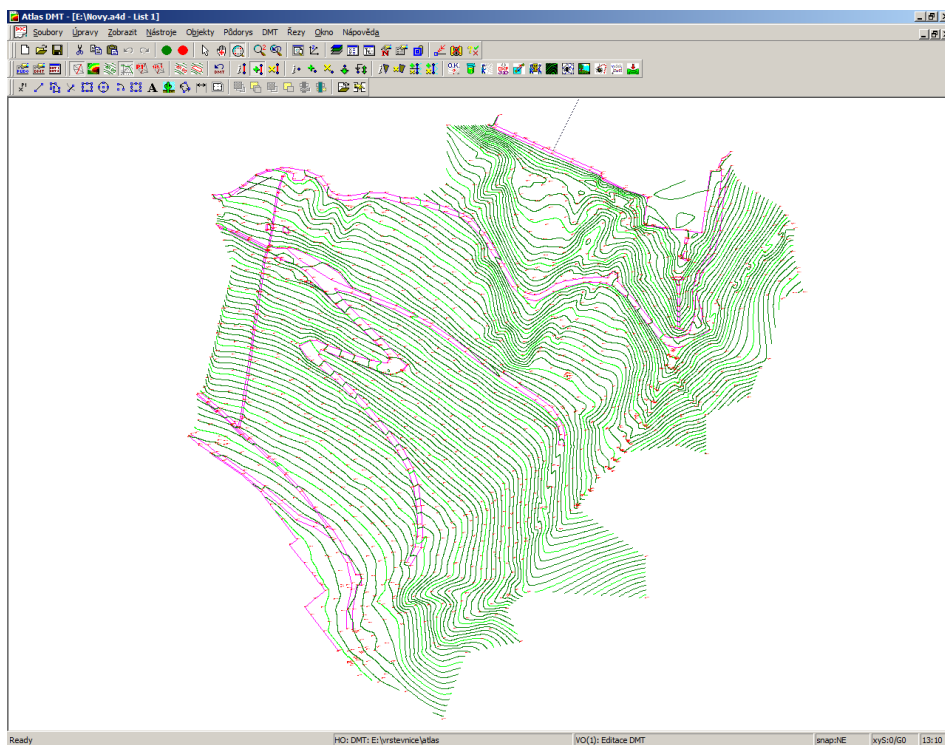
Obrázok č. 25 Ukážka z prostredia MicroStation PowerDraft V8i

6.5.2. Vyjadrenie výškopisu

Výškopisná zložka mapy je znázornená pomocou kót, vrstevníc a technických šráf. V práci sú uvedené absolútne, ale tiež relatívne výškové kóty, ktoré sú uvedené s presnosťou na dve desatinné miesta u spevneného povrchu a na jedno desatinné miesto u nespevneného povrchu. Aby nedochádzalo k prekrytiu jednotlivých kót, tak boli u niektorých hodnôt vynechané dve číslice, ktoré reprezentujú stovky a desiatky metrov absolútnej nadmorskej výšky. Taktiež bolo nutné v určitých prípadoch kóty pootočiť či manuálne posunúť.

Ďalšou možnosťou pre zobrazenie výškopisu v mape sú vrstevnice. Tie boli vytvorené v programe Atlas DMT, kde bolo potrebné primárne nadefinovať model a naimportovať zoznam súradníc a výšok podrobných bodov. Následne boli nadefinované hrany, čím bolo umožnené lepšie zobrazenie tvaru terénu. Výsledkom práce v tomto

programe boli vrstevnice, ktoré boli nasledovne vyhladené a upravené v programe MicroStation PowerDraft V8i a tiež im boli priradené správne atribúty. V miestach ako je napríklad potôčik, operné múry či podmurovky boli vrstevnice skryté.



Obrázok č. 26 Zobrazenie prostredia Atlas DMT

Vykreslenie technických šráf prebehlo v grafickom programe MicroStation PowerDraft pomocou aplikácie MGEO, kde boli definované hrany, medzi ktorými mali byť, v daných atribútoch, šrafy zobrazené.

Po ukončení fázy grafického spracovania bola vykonaná topologická a atribútová kontrola.

7. Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo zamerať a vyhotoviť účelovú mapu v mierke 1:500 v meste Brno - Wilsonov les. V práci sú rozoberané teoretické základy súvisiace s danou problematikou spolu s popisom realizácie jednotlivých etáp tvorby výslednej mapy.

V prvej etape bolo nutné získať využiteľné podklady (z portálu www.cuzk.cz), zoznámiť sa s danou lokalitou, vykonať rekognoskáciu terénu a rekognoskáciu stávajúceho bodového poľa. Ďalej bolo potrebné, pre zhustenie bodového poľa, vybudovať pomocnú meračskú sieť, ktorá bola práve prostredníctvom bodov podrobného polohového bodového poľa pripojená do referenčných systémov S-JTSK a Bpv. Medzi danými bodmi boli vybudované dva obojstranne pripojené a jednostranne orientované polygónové ťahy, ktoré spĺňali všetky geometrické parametre a kritéria presnosti pre body PPBP. Touto metódou bolo určených 12 bodov. Následne bola sieť doplnená o 22 bodov určených metódou rajónu, pričom výšky boli určené trigonometricky.

Ďalej sa pristúpilo k etape podrobného merania, kde boli body určované tachymetrickou metódou. Tiež bol z každého stanoviska určený aspoň jeden podrobný bod, ktorý bol následne zameraný aj zo stanoviska iného. Tieto body boli použité pri testovaní presnosti súradníc a výšok. Na meračské práce bola použitá totálna stanica Topcon GPT 3003N, pre priebežné sťahovanie dát bolo využitého programu GeomanW a pre výpočetné práce Groma v.11.0. Vo fáze grafického spracovania bolo v programe MicroStation PowerDraft vytvorených niekoľko príloh a to: prehľad kladov meračských náčrtov, prehľadný náčrt bodového poľa a pomocnej meračskej siete, geodetické údaje o bodoch trvale stabilizovaných a v neposlednom rade účelová mapa v mierke 1:500. Polohopisné prvky kresby účelovej mapy, kde bola výškopisná zložka vyjadrená pomocou technických šráf a kót, bola spracovaná v programe MicroStation PowerDraft V8i. Následne boli, v programe Atlas DMT, vytvorené vrstevnice.

Všetky vyhotovené elaboráty môžu byť naďalej použité ako jedny z podkladov pre tvorbu DMT.

8. Zoznam použitej literatúry

HUML, Milan a Jaroslav MICHAL. *Mapování 10*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03166-7

ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Praha: Vydavatelství norem, 1990

ČÚZK Geoprohlížeč. [online]. [cit. 2015-04-25]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?serverconf=bodpole>

Geometra Opava. Geometra Opava [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://obchod.geometra-opava.com/html/bazar/SokkiaC41.jpg>

Kalvoda, P.: *Pokyn pro tvorbu účelové mapy* VUT FAST Brno 2011.

La Lunette [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: http://topogr.perso.neuf.fr/lunette.htm#le_pointe

Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod, Vydal: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2015 Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx>

NEVOSÁD, Zdeněk. *Geodézie IV: [souřadnicové výpočty]*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2002, 157 s. ISBN 80-214-2301-3.

NEVOSÁD, Zdeněk a Josef VITÁSEK. *Geodézie III: Průvodce předmětem geodézie III* [online]. 2005 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/GE07-Geodezie%20III/P01-Geodezie%20III%20-%20pruvodce%20predmetem.pdf>

PLÁNKA, Ladislav. *Kartografie a základy GIS: Kartografická interpretace* [online]. 2006 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: http://fast.darmy.net/opory%20-%20III%20Bc/GE18-Kartografie_a_zaklady_GIS--M02-Kartograficka_interpretace.pdf

Průvodce Brnem. Průvodce Brnem [online]. 2015 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.pruvodcebrnem.cz/wilsonuv-les>

RATIBORSKÝ, Jan. *Geodézie 20*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 133 s. ISBN 80-010-2635-3.

ŠVÁB, T.; FORAL, J., *ZÁKLADY GEODÉZIE*, Ing. Šváb Tomáš - GEFIS, Karafiátova 1313, Valašské Meziříčí, Brno, 2010

TOPCON. Topcon.com. Pulse Total Station GPT-3000series [online]. ©1997-2011 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.topcon.com.sg/survey/gpt30.html>

Veřejná zeleň města Brna. Veřejná zeleň města Brna [online]. 2015 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.vzmb.cz/fotogalerie/wilsonuv-les/>

VONDRÁK, J.; FORAL, J.; KALVODA, P.; KRATOCHVÍL, R.; ŠVÁB, T. *Geodetická příručka II, výpočty, mapy, katastr nemovitostí, fotogrammetrie, GPS*. Brno: Ing. Šváb Tomáš - GEFIS, Karafiátova 1313, Valašské Meziříčí, 2008.

VONDRÁK, Jiří. *Geodézie II: Geodetická cvičení* [online]. 2004 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/GE03-Geodezie%20II/Geodezie%20II-%20Geodeticka%20cviceni%20II.pdf>

9. Zoznam použitých skratiek

<i>S-JTSK</i>	<i>Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální</i>
<i>Bpv</i>	<i>Balt po vyrovnání</i>
<i>PPBP</i>	<i>Podrobné polohové bodové pole</i>
<i>ZhB</i>	<i>Zhustovací bod</i>
<i>ZBPB</i>	<i>Základné polohové bodové pole</i>
<i>ČSN</i>	<i>Česká státní norma</i>
<i>DMT</i>	<i>Digitální model terénu</i>
<i>M</i>	<i>Mierkové číslo</i>
<i>PMS</i>	<i>Pomocná meračská sieť</i>

10. Zoznam obrázkov a tabuliek

10.1. Zoznam obrázkov

- Obrázok č.1 - Lokalizácia Wilsonovho lesa (www.google.sk/maps)
- Obrázok č.2 - Zadaná lokalita (www.google.sk/maps)
- Obrázok č.3 - Polygónový ťah obojstranne pripojený a jednostranne orientovaný
(Nevosád, Vitásek, 2005, s.70)
- Obrázok č.4 - Výpočet rajónu (Nevosád, Vitásek, Bureš, 2002, s.48)
- Obrázok č.5 - Prevýšenie dvoch bodov (Šváb, Foral, 2012, s.57)
- Obrázok č.6 - Nivelačný ťah (Vondrák, 2004, s.8)
- Obrázok č.7 - Polárna metóda (Ratiborský, 2005 s.42)
- Obrázok č.8 - Vrstevnice (Plánka, 2006, s.83)
- Obrázok č.9 - Technické šrafy (Huml, Michal, 2000, s.255)
- Obrázok č.10 - Kóty (Huml, Michal, 2000, s.253)
- Obrázok č.11 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.12 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.13 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.14 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.15 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.16 - Ukážka z terénu
- Obrázok č.17 - Topcon GPT 3003
- Obrázok č.18 - Sokkia C41 (Geometra)
- Obrázok č.19 - Stabilizácia dreveným kolíkom
- Obrázok č.20 - Stabilizácia meračským klincom
- Obrázok č.21 - Funkcia *Křovák* v programe Groma v.11.0
- Obrázok č.22 - Obrázok č. 22 Funkcia *Tolerance* v programe Groma v.11.0
- Obrázok č.23 - Ukážka z prostredia programu Groma v.11.0
- Obrázok č.24 - Funckia *Atributy zobrazení* v prorgame MicroStation PowerDraft V8i
- Obrázok č.25 - Ukážka z prostredia MicroStation PowerDraft V8i
- Obrázok č.26 - Zobrazenie prostredia Atlas DMT

10.2. Zoznam tabuliek

Tabuľka č.1 - Body polohového bodového poľa

Tabuľka č.2 - Použité body polohového bodového poľa

Tabuľka č.3 - Použité body výškového bodového poľa

Tabuľka č.4 - Technické parametre prístroja Topcon GPT 3003N (Topcon, 2011)

Tabuľka č.5 - Technické parametre prístroja Sokkia C41 (La Lunette)

Tabuľka č.6 - Parametre polygónových ťahov

Tabuľka č.7 - Výsledky testovania presnosti súradníc

Tabuľka č.8 - Výsledky testovania presnosti súradníc

Tabuľka č.9 - Výsledky testovania presnosti výšok

Tabuľka č.10 - Výsledky testovania presnosti výšok

11. Zoznam príloh

01_Zápisníky -	01.1_Polygónový ťah_1 (digitálne) 01.2_Polygónový ťah_2 (digitálne + analógovo) 01.3_Podrobné meranie (digitálne) 01.4_Technická nivelácia (digitálne + analógovo)
02_Protokoly -	02.1_Polygónový ťah_1 (digitálne) 02.2_Polygónový ťah_2 (digitálne + analógovo) 02.3_Podrobné meranie (digitálne + ukážka analógovo)
03_Zoznamy súradníc -	03.1_YXH_Dané body (digitálne) 03.2_YXH_Body polygónového ťahu (digitálne) 03.3_YXH_Body určené metódou rajónu (digitálne) 03.4_YXH_Podrobné body (digitálne)
04_Náčrty -	04.1_Adjustovaný meračský náčrt č. 1 (digitálne) 04.2_Adjustovaný meračský náčrt č. 2 (digitálne) 04.3_Adjustovaný meračský náčrt č. 4 (digitálne) 04.4_Adjustovaný meračský náčrt č. 5 (digitálne + analógovo) 04.5_Adjustovaný meračský náčrt č. 6 (digitálne) 04.6_Adjustovaný meračský náčrt č. 7 (digitálne + analógovo) 04.7_Adjustovaný meračský náčrt č. 8 (digitálne + analógovo) 04.8_Adjustovaný meračský náčrt č. 9 (digitálne + analógovo) 04.9_Prehľad kladov meračských náčrtov (digitálne + analógovo) 04.10_Prehľadný náčrt bodového poľa a pomocnej meračskej siete (digitálne + analógovo)
05_Geodetické údaje -	05.1_PPBP_510 (digitálne) 05.2_PPBP_511 (digitálne + analógovo) 05.3_PPBP_512 (digitálne + analógovo) 05.4_PPBP_590 (digitálne) 05.5_PPBP_594 (digitálne + analógovo)

05.6_NB_413 (digitálne + analógovo)

05.7_NB_417 (digitálne + analógovo)

05.8_Body PMS (digitálne + analógovo)

06_Testovanie presnosti - 06.1_Testovanie_YX (digitálne + analógovo)

06.2_Testovanie_H(digitálne + analógovo)

07_Mapa(digitálne + analógovo)